

Технологии Хранения Радиоактивных Отходов в Арктике для Российского ВМФ

Андрю Гриффиф, Министерство Энергетики США
Тор Энгой, Норвежская Организация Оборонных Исследований
Полковник Александр Диашев, ВМФ, МО РФ
Пэтрик Р. Шваб, Ашот Назарян и Андрей Устюжанин компания SAIC
Пол Московитц и Мэл Когилл, Брукхевенская Национальная Лаборатория

ПРЕДИСЛОВИЕ

Накопленные на северо-западе России радиоактивные материалы представляют серьезную экологическую опасность. Для снижения этой опасности национальные интересы США, Норвегии и России объединились в рамках программы по Защите Окружающей Среды на Военных Объектах в Арктике (АМЕС). В этом докладе обсуждаются совместные работы в области технологий хранения твердых радиоактивных отходов (ТРО) в Арктике для военно-морского флота России (ВМФ РФ). Эти работы включают как западные, так и российские разработки и направлены на помощь в удовлетворении российских потребностей в области хранения ТРО со списанных атомных подводных лодок. Все работы выполняются для использования в губе Андреева, или на других объектах хранения ТРО, расположенных на северо-западе России. В губе Андреева находится объект ВМФ, на котором хранится большое количество ТРО, и ВМФ РФ недавно завершил строительство хранилища для ТРО на этом объекте. Выбранные к настоящему времени технологии включают: 1) покрытия для бетона и металла; 2) контейнеры для временного хранения и транспортировки ТРО; 3) различные материалы, используемые при обращении с ТРО и их транспортировке. Программа находится в фазе демонстрационных испытаний, которая продлится в течение одного года. Было проведено нанесение покрытия, и ведется проверка его эксплуатационных параметров. Кроме натуральных испытаний в российской Арктике, в лабораторных условиях проводятся испытания на термоциклирование с целью определения параметров старения покрытия. Конечной целью проекта 1.4 программы АМЕС является создание в России самодостаточных возможностей по обращению с ТРО для использования в экстремальных климатических условиях Арктики. Такие технологии помогут ВМФ РФ перейти от практики хранения ТРО навалом под открытым небом к практике контейнерного хранения в современных хранилищах. Продолжение трехстороннего сотрудничества в рамках этого проекта является критическим для достижения политической цели, состоящей в обеспечении безопасного хранения радиоактивных отходов на северо-западе России.

ВВЕДЕНИЕ

Снижение радиологической и экологической опасности на российском севере во многом зависит от снижения количества отходов со списанных атомных подводных

лодок на объектах Северного флота ВМФ РФ (1-6). Программа защиты окружающей среды на военных объектах в Арктике (АМЕС) является совместной работой США, Норвегии и России, направленной на решение некоторых вопросов обращения с ядерными отходами (1). Работа по программе АМЕС разделена на отдельные проекты. Задачей Проекта 1.4 программы АМЕС, которая была утверждена руководителями программы АМЕС 19 декабря 1996 года, является развитие возможностей российского флота по обращению с ТРО, тем самым уменьшая распространение радиоактивного загрязнения. Окончательной целью этого проекта является развитие самодостаточной системы хранения радиоактивных отходов (РО), которая позволит российскому флоту безопасно хранить свои твердые радиоактивные отходы без участия США или Норвегии.

В дополнение к подводным лодкам, утилизируемым в рамках договора СНВ-1, ВМФ РФ также проводит утилизацию и других атомных подводных лодок (АПЛ) по мере достижения ими конца назначенного срока эксплуатации, или при принятии решения об их дальнейшей ненужности. К июню 1996 г. из состава Северного флота были выведены около 80 АПЛ (1), но около 50 из них все еще ожидают выгрузки ядерного топлива (2), что является первым, не связанным с вопросами вооружений, шагом в процессе демонтажа АПЛ. Добавляет сложности к программе утилизации и тот факт, к настоящему времени накоплено множество АПЛ, которые хранятся на плаву с невыгруженным топливом уже в течение 5-10 лет после их выведения из боевого состава флота. Если в силу вступит и договор СНВ-2, то ВМФ РФ должен будет утилизировать еще большее количество АПЛ.

За обращение с ОЯТ и РО в России отвечает Министерство по атомной энергии (Минатом). Исторически сложилось так, что наработанные ВМФ ОЯТ и РО принимались Минатомом, или его предшественниками для безопасной утилизации. Взаимоотношения между ВМФ и Минатомом (и его предшественниками) работали достаточно хорошо до тех пор, когда в начале 90-х годов произошел распад Советского Союза. Это привело к финансовому кризису в Российской Федерации, что заставило Минатом постепенно уменьшить прием ОЯТ и РО до минимума. Поэтому, на протяжении большей части 90-х годов, ВМФ боролся с заметно возросшей скоростью наработки ОЯТ и РО при заметно уменьшившейся поддержке Минатома в обращении и утилизации ОЯТ и РО. Результатом явилось быстрое накопление радиоактивных материалов на базах Северного флота.

Наибольшее количество ОЯТ и РО было накоплено на северо-западе России, на базах ВМФ на Кольском полуострове. По одним оценкам (1), накоплены следующие количества радиоактивных материалов: примерно до 24000 отработавших ТВС; 7000 м³ жидких низкоактивных отходов; примерно 8000 м³ твердых низкоактивных отходов. По другим оценкам, количество жидких отходов больше: 12400 м³; 70% этого объема составляют низкоактивные отходы и 30% - среднеактивные отходы. Средняя скорость накопления твердых радиоактивных отходов составляет примерно 1000 м³ в год. Большая часть ОЯТ и РО хранится в

губе Андреева, которая находится на западной стороне фьорда Лица вблизи норвежской границы. Кроме ВМФ РФ, проблема этих материалов и условий их хранения признается в качестве приоритета и другими официальными ведомствами России (3).

Информация по ряду относящихся к этой проблеме технологий была собрана и обсуждалась на встречах технических экспертов по программе АМЕС в начале 1997 года. На этих встречах, которые проводились в США, Норвегии и России, стороны представили конкретные практические технологии для рассмотрения и применения ВМФ РФ в губе Андреева. Выбранные к настоящему времени технологии включают: 1) покрытия для бетона и металла, 2) контейнеры для хранения и транспортировки отходов, 3) различные материалы, используемые при обращении с радиоактивными отходами и их хранении. Могут рассматриваться и другие технологии. Если три стороны согласятся, что какая-то новая технология имеет высокую вероятность представления практической пользы, она может быть включена в проект в будущем.

ТЕКУЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Новый российский объект по хранению радиоактивных отходов:

Российская сторона завершила строительство хранилища для твердых радиоактивных отходов. Этот объект в основном будет использоваться для старых отходов, которые хранились в губе Андреева под открытым небом в течении многих лет. Хранилище состоит из заглубленных отсеков с бетонными крышками и 20-тонным мостовым краном. Затраты российской стороны на строительство этого объекта оцениваются в 7.4 миллиона долларов, 800 тысяч долларов из которых были выделены после того, как этот объект был предложен для включения в состав программы АМЕС.

Демонстрация Технологии Покрытий: В качестве материала покрытия был избран Polibrid 705 – эластомерный полиуретан с термическим затвердеванием, поставленный компанией Promatec Technologies, Inc., расположенной в городе Сайпресс, штат Техас. Химические компоненты и оборудование для нанесения покрытия были доставлены воздушным, морским и, затем, наземным транспортом на объект РТП «Атомфлот» в Мурманске, Россия, 25 мая 1998 года. Затем приехала группа американских инженеров, которая в июне-августе 1998 года провела сборку и испытания оборудования, а также обучение российских специалистов. Российские специалисты затем нанесли



Рис. 1 Нанесение покрытия

покрытие на пол грузового отсека здания, где производится работа с радиоактивными отходами (Рис. 1), одного из коридоров внутри того же здания, на внешние поверхности стального контейнера и на 24 металлических и бетонных образца для лабораторных испытаний. Покрытия на полу грузового отсека и коридора будут работать в обычных эксплуатационных условиях на протяжении года, и их состояние будет проверяться через регулярные промежутки времени. Металлический контейнер будет заполнен радиоактивными отходами и оставлен под открытым небом под влиянием арктического климата в течение 12 месяцев. Лабораторные образцы были перевезены в С.-Петербург, где проводится серия требуемых испытаний материала покрытия. Планируется перевезти оборудование для нанесения покрытий с оставшимися компонентами материала покрытия в губу Андреева, где их планируется использовать для покрытия пола нового хранилища ВМФ.

Низкотемпературные испытания покрытия: Программа испытаний покрытия (Polibrid 705) была разработана на базе стандартного теста D1211 ASTM и была завершена в сентябре 1998 года (7, 8). Испытания были проведены в Национальном Институте Стандартов и Технологии. Целью испытания было определение влияния термоциклирования на это покрытие для обоснования долгосрочной эксплуатации материала в условиях Арктики. Образцы покрытия были предоставлены компанией Carboline (Рис. 2) – производителем материала покрытия на подложках из бетона и металла, а также в виде свободной пленки. Существует ряд факторов, влияющих на старение



Рис. 2. Образцы покрытия

материала покрытия, таких как тепло, ультрафиолетовое излучение, дождь, термоциклирование и т.п. Использовалась переработанная методика испытаний для оценки ускоренного старения материала покрытия, вызванного термоциклированием. Испытания, при которых материал на подложках подвергают воздействию повышенных, пониженных и комнатных температур называются испытаниями на холодное растрескивание. Такие испытания использовались в промышленности покрытий в течение многих лет в качестве индикатора способности покрытия противостоять растрескиванию при эксплуатации, и, поэтому, они рассматриваются как испытания на гибкость покрытия. Результаты представляются в виде количества циклов, требуемых для получения видимого растрескивания материала покрытия. Было проведено 200 циклов, продолжительность каждого более 2 часов (Рис. 3), т.е. само испытание заняло примерно 52 дня. Каждый из 5 образцов был промаркирован и проверялся в конце каждого дня путем тщательного визуального

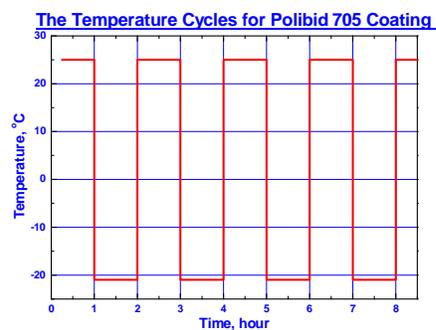


Рис. 3 Циклы температуры

осмотра. После каждого этапа (50, 100, 150 и 200 циклов), поверхности образцов проверялись с помощью оптического микроскопа, и проводилась запись изображения для последующего сравнения. Испытания показали, что не было каких-либо видимых изменений в характере поверхности (трещин, изменений цвета и т.д.) материала покрытия. Наше общее заключение состоит в том, что эксплуатационные характеристики материала в данных условиях хорошие, и это покрытие может успешно использоваться в климатических условиях с частыми и резкими скачками температур, такими, как северо-запад России.

Контейнеры для Твердых Радиоактивных Отходов:

На встрече технических экспертов, состоявшейся в Москве 8-12 июня 1998 года, российская делегация заявила, что Россия проводила широкомасштабные работы по разработке железобетонных контейнеров для временного хранения, транспортировки и захоронения твердых радиоактивных отходов. Американская и норвежская стороны согласились поддержать эту программу, и был подписан соответствующий контракт. Американская сторона согласилась предоставить помощь в завершении проектирования, испытаний, сертификации и производстве опытной партии из 10 контейнеров. Целью этой задачи является производство упаковки для долгосрочного (до 300 лет) хранения и обращения с отходами.



Рис. 4. Контейнеры для транспортировки и временного хранения радиоактивных отходов

Стороны также согласились провести оценку возможности использования металлических контейнеров. Американская сторона согласилась закупить 20 малых контейнеров (внутренним объемом примерно 2.5 м³) и 2 больших контейнера для транспортировки и временного хранения низкоактивных твердых отходов (см. Рис. 4). Два больших контейнера отвечают стандартам ISO и могут использоваться в качестве обычных грузовых контейнеров. Для целей перевозки, 10 малых контейнеров могут быть размещены в каждом из 2 больших. Американская сторона закупила эти контейнеры в Container Products Corporation и доставила их в г. Мурманск, Россия. Оба больших контейнера и большая часть малых будут переданы ВМФ РФ для приемочных испытаний. Часть малых контейнеров будет использоваться МКЦ «Нуклид» для проведения сертификационных испытаний. В 1999 году стороны проведут исследование возможности производства таких контейнеров на одном из российских военных судоремонтных заводов.

ПЛАНЫ НА БУДУЩЕЕ

Все виды работ в рамках Проекта 1.4 программы АМЕС служат выработке самодостаточной системы безопасного хранения радиоактивных отходов ВМФ РФ без участия американских или норвежских официальных лиц. Пол нового хранилища радиоактивных отходов в губе Андреева будет покрыт полиуретановым покрытием. Дополнительные корпуса хранилища могут быть построены приблизительно в 2002 – 2003 годах, если будет соответствующее финансирование. Авторы планируют провести оценку возможности использования модульных конструкций для строительства этих дополнительных корпусов. В зданиях хранилища также могут быть использованы системы радиационного мониторинга и сигнализации российского производства.

Авторы также планируют предоставить западное оборудование индивидуальной защиты для защиты рабочих от радиоактивного загрязнения. При наличии радиоактивного загрязнения на поверхности отходов, обращение с ними может привести к взвешиванию радиоактивной пыли в воздухе. На объектах ВМФ РФ существует серьезная нехватка одноразового защитного оборудования, например, одноразовых комбинезонов и фильтрующих масок. Поэтому, в рамках проекта на короткий период времени будет предоставлено некоторое количество одноразовых средств индивидуальной защиты и многоразового респираторного оборудования для проверки его функциональности в отношении имеющегося оборудования. Протокол, определяющий рабочие условия и процедуры для применения и/или дезактивации должен быть разработан на русском языке.

Российская конструкция нового железобетонного контейнера для радиоактивных отходов будет ободрена и сертифицирована в 1999 году. Серийное производство может начаться уже в 2000 году с объемом производства в несколько сотен контейнеров в год. К 2002 году объем выпуска может быть увеличен до более тысячи контейнеров в год. Это позволит российскому флоту поместить большие объемы радиоактивных отходов в контейнеры, таким образом сведя к минимуму распространение радиоактивного загрязнения. При улучшении политической и экономической обстановки в России, авторы оценивают, что цель построения самодостаточной системы хранения радиоактивных отходов в губе Андреева может быть достигнута к 2003 году.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Избранные технологии послужат поддержке и усовершенствованию работ ВМФ РФ по улучшению хранения своих твердых радиоактивных отходов. Учитывая текущее состояние российской экономики, переход от практики хранения отходов навалом на площадках под открытым небом к практике, включающей контейнерное хранение отходов в помещениях с улучшенными технологиями ограничения распространения радиоактивности будет сложной задачей,. Однако, принимая во внимание трехстороннее сотрудничество по этому проекту, будет обеспечено безопасное и надежное хранение радиоактивных отходов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Эта работа финансировалась Министерством Энергетики США, Офисом Экологического Менеджмента в рамках контракта DE-AC22-94PC92100, и Норвежской Организацией Оборонных Исследований. Авторы хотели бы выразить благодарность г-же Н.С. Яновской, г-ну Ю.Г. Соколовскому и г-ну В.Б. Ильину, МКЦ «Нуклид» за их поддержку работ по этому проекту. Авторы также хотели бы поблагодарить г-на Павла Медведева (Университет «Texas A&M»), д-ра Гэри Прессера, д-ра Мэри МакНайт, д-ра Бруно Фанкони и г-на Пола Стацмана (NIST) за консультации и техническую поддержку работ по низкотемпературным испытаниям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. A. Griffith, T. Engøy, and P. R. Schwab, "Solid Radioactive Waste Storage Technologies for the Russian Navy" Report at Waste Management 98, March 1-5, 1998 in Tucson, AZ.
2. S. L. Kellogg and E. F. Kirk, editors, *Reducing Wastes from Decommissioned Nuclear Submarines in the Russian Northwest: Political, Technical, and Economic Aspects of International Cooperation, Proceedings from the NATO Advanced Research Workshop: "Recycling, Remediation, and Restoration Strategies for Contaminated Civilian and Military Sites in the Arctic Far North"*, in Kirkenes, Norway, 24 to 28 June 1996, published by the American Association for the Advancement of Science, Washington, DC, 1997.
3. Kværner (Kværner Moss Technology a.s.), 1996, "Disposal of Russian Nuclear Submarines," Contract No. 8085 with the Royal Ministry of Foreign Affairs, Oslo, Norway.
4. NATO1998a, NATO (North Atlantic Treaty Organization)/CCMS (Committee on the Challenges of Modern Society) "Pilot Study on Cross-Border Environmental Problems Emanating from Defence-Related Installations and Activities," Phase II Vol.3: "Management of Defence-Related Radioactive Waste" NATO Report No. 226, March 1998.
5. NATO1998b, NATO (North Atlantic Treaty Organization)/CCMS (Committee on the Challenges of Modern Society) "Pilot Study on Cross-Border Environmental Problems Emanating from Defence-Related Installations and Activities," Phase II Vol.4: "Environmental Risk Assessments for Two Defence-Related Problems," NATO Report No. 227, March 1998.
6. DENIX Web Page: <http://www.denix.osd.mil/>.
7. G. G. Schurr, "Flexibility," Paint Testing Manual, ASTM STP 500, 13th ed., H. A. Gardner and G. G. Sward, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1972, pp. 333-337.

8. A. Nazarian and P. R. Schwab, "Temperature-Change (Cycling) Resistance Test Of Polibrid 705 Coating" AMEC 1.4 Technology Demonstration Phase, SAIC Report, November 1998.